

**Circular antenna array installation having active antennas**

**Patent number:** DE3437727  
**Publication date:** 1986-04-17  
**Inventor:** LINDENMEIER HEINZ PROF DR ING (DE);  
FLACHENECKER GERHARD PROF DR I (DE)  
**Applicant:** LINDENMEIER HEINZ; FLACHENECKER GERHARD  
**Classification:**  
- international: H01Q3/34; H01Q21/20; H01Q25/00; H01Q3/30;  
H01Q21/20; H01Q25/00; (IPC1-7): H01Q25/04;  
H01Q3/34  
- european: H01Q3/34; H01Q21/20; H01Q25/00  
**Application number:** DE19843437727 19841015  
**Priority number(s):** DE19843437727 19841015

**Report a data error here**

**Abstract of DE3437727**

The invention relates to a circular antenna receiving array installation for multiple antenna polar diagrams, having active antennas. In this case, a separate antenna line is connected from each antenna to each a central unit. Located inside the central unit are low-attenuation filter chains having active output circuits for outputting the received signal at different phases in order to form different polar diagrams having predetermined, different, main directions. Furthermore, in order to form a polar diagram from the received signals from the antennas, one summation circuit is in each case provided on a circle, and the output signals of those output circuits which are allocated to the respective polar diagram of the antennas which are located on a circle are supplied to the summation circuit in order to form the sum signal. The summation circuit is connected as a band filter in a chain, which band filter passes only signals in that frequency band in which the antennas in the relevant circle supply a suitable signal contribution to form the polar diagram. The output signals from the band filters allocated to the respective main receiving direction are supplied in at suitable points on a compensating delay line chain.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 34 37 727 C 2

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 01 Q 25/04**  
H 01 Q 3/34  
G 01 S 3/38

②① Aktenzeichen: P 34 37 727.1-35  
②② Anmeldetag: 15. 10. 84  
④③ Offenlegungstag: 17. 4. 86  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13. 1. 94

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 82152 Planegg, DE

⑦② Erfinder:  
Lindenmeier, Heinz, Prof. Dr.-Ing., 8033 Planegg, DE;  
Flachenecker, Gerhard, Prof. Dr.-Ing., 8012  
Ottobrunn, (verstorben), DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 27 47 086  
DE-OS 26 26 671  
DE-OS 20 05 686

HOCK;

A. et al.: Antennentechnik, VDE-Verlag, 1982, Bd. 79,  
S. 168-171, ISBN 3-8007-1250-4;

BLACKBAND, W.T. (Editor): Signal Processing  
Arrays. In: Agard Conference Proceedings Numer  
Sixteen, 1968, S. 128-152;

MA, M.T. et al: Theoretical methods for computing  
characteristics of Wullenweber antennas. In: Pro.  
IEE, Vol. 117, No. 11, November 1970, S. 2095-2101;

⑤④ Empfangs-Antennenanlage für Mehrfach-Antennendiagramme

DE 3437727 C2

DE 3437727 C2

Die Erfindung geht aus von einer Empfangs-Antennenanlage für Mehrfach-Antennendiagramme nach dem Oberbegriff des Anspruch 1.

Antennenanlagen dieser Art werden häufig für die Funkerfassung verwendet. Hierbei wird oft eine Keulenbildung des Richtdiagramms der Empfangs-Antennenanlage angestrebt. Eine solche Anlage ist z. B. in HOCK, A. et al.: Antennentechnik, VDE-Verlag, Band 79, Seiten 168—170, beschrieben. Häufig werden solche Anlagen in der Funkerfassung für mehrere Diagrammkeulen verwendet, die gleichzeitig zur Verfügung stehen. Ein Mehrfachantennendiagramm einer derartigen Kreisgruppe ist dort z. B. in Bild 6.39 auf Seite 170 abgebildet. Durch Zusammenfassung der einzelnen Antennensignale der Kreisgruppe unter Einhaltung an sich bekannter Phasenbeziehungen, mit Hilfe von Phasennetzwerken, wie in Bild 6.38, lassen sich diese Antennendiagramme erzeugen. Nachteil derartiger bekannter Anlagen, die häufig als Wullenweber-Anlagen bezeichnet werden, ist der mit der Realisierung verbundene hohe technische Aufwand. Dieser hohe Aufwand geht eindrucksvoll aus BLACKBAND, W. T.: Signal Processing Arrays; AGARD Conference Proceeding Number 16, 1968, Seiten 128 bis 152 hervor, wo in Fig. 5—3 die aufwendige Antennengruppe mit großräumigen Reflektoren abgebildet ist und das "beam forming network" in Fig. 5.8 durch passive "power dividers" und passive "power combiners" realisiert ist, wodurch die Vorverstärker ganz besonders aufwendig gestaltet sind, wenn sie den Linearitätsanforderungen genügen sollen. Ein weiterer Nachteil von Wullenweber-Arrays mit passiven Antennenelementen ist der hohe mechanische Aufwand dieser Antennen, gem. Fig. 5.7, sowie die mit passiven Antennen verbundene hohe Strahlungsverkopplung der Antennen untereinander. Letztere erschwert die mathematische Erfassbarkeit der Wirkungsweise des Arrays, wie es aus MA, M. T. et al: Theoretical methods for computing characteristics of Wullenweber antennas; Proc. IEE, Vol. 117, Nov. 1970, Seiten 2095 bis 2101, hervorgeht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, mit dem Gegenstand des Anspruchs 1 eine gattungsgemäße Empfangs-Antennenanlage derart weiterzubilden, daß bei großer Frequenzbandbreite eine große Empfindlichkeit und eine hohe Linearität erreicht wird, und durch Verringerung der gegenseitigen Verkopplungen der einzelnen Antennen eine einfache Anpassungsfähigkeit der Anlage an unterschiedliche Betriebsanforderungen, wie z. B. eine Frequenzabhängigkeit der Richtdiagramme, bei geringem technischen Aufwand zu erzielen.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Empfangs-Antennenanlage erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im einzelnen anhand von Beispielen durch die folgenden Figuren beschrieben:

**Bild 1:** Empfangs-Antennenanlage mit gleichen Winkeln zwischen den radialen Strahlen ( $S_1, S_2 \dots$ ).

**Bild 2:** Richtdiagramme einer Empfangs-Antennenanlage nach der Erfindung mit mehreren Keulen für die verschiedenen Hauptrichtungen  $R_1 \dots R_{10}$ .

**Bild 3:** a) Vertikaldiagramm der Empfangs-Antennenanlage nach der Erfindung für vertikale Polarisierung; b) Vertikaldiagramm der Empfangs-Antennenanlage

nach der Erfindung für horizontale Polarisierung.

**Bild 4:** Empfangs-Antennenanlage mit Zentraleinheit (ZE) und weiterführender Empfängerschaltung mit getrennten Eingängen für die Signale der Richtdiagramme mit den Hauptrichtungen  $R_0 \dots R_{10}$ .

**Bild 5:** Plan zur Zusammenschaltung der Antennen eines Kreises in der Zentraleinheit (ZE) mit Hilfe von Filterketten und Bildung der Summensignale für die einzelnen Richtungen  $R_0$  (Rundempfang) und der Hauptrichtungen  $R_1 \dots R_{10}$ .

**Bild 6:** Blockschaltbild der Signalbildung für ein Diagramm mit der Hauptrichtung  $R_r$  eines Kreises  $K_k$  und Zusammenführung der Signale der einzelnen Kreise.

**Bild 7:** Beispiel für den angestrebten Frequenzverlauf für die Elevation der Hauptrichtung für Horizontalpolarisation zur Kommunikation über die Ionosphäre im Einsprungbetrieb.

**Bild 8:** Beispielhafte Ausführungsformen für die hochohmige Auskoppelschaltung.

a) Linearisierungswiderstand der Emitterfolgerschaltung ist  $2 \cdot Z_L$ .

b) Linearisierungswiderstand der Emitterfolgerschaltung ist  $2 \cdot \bar{u}^2 \cdot Z_L$ .

c) wie b), jedoch mit dynamischer Nachführung der Drain-Elektrode des FET zur Vermeidung nichtlinearer Effekte an der nichtlinearen Drain-Gate-Kapazität.

In einer besonders einfachen Ausgestaltung der Erfindung sind die Winkel zwischen den radialen Strahlen ( $S_1, S_2 \dots$ ) jeweils gleich groß (Bild 1).

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Antennenelemente ( $A_1, A_2 \dots$  in Bild 1) aus gleichen vertikalen aktiven Stabantennen mit jeweils breitbandiger effektiver Höhe und breitbandig wellenwiderstandsrichtigem Quellwiderstand für den Empfang von Wellen mit vertikaler Polarisationsrichtung verwendet und die Phasen- und Amplitudenstreuung zwischen den Antennenelementen ist gering.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind Antennenelemente ( $A_1, A_2 \dots$  in Bild 1) aus gleichen horizontalen gekreuzten Stabdipolen, die an ihren Ausgängen mit Hilfe einer 90-Grad Phasenschaltung zu einer Rundempfangsantenne mit horizontaler Polarisierung zusammengeschaltet sind, mit jeweils breitbandiger effektiver Höhe und breitbandig wellenwiderstandsrichtigem Quellwiderstand für den Empfang von Wellen mit horizontaler-Polarisationsrichtung verwendet und die Phasen- und Amplitudenstreuung zwischen den Elementen ist gering.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Länge der Leitung zwischen jeder Antenne in Bild 1 und der Zentraleinheit (ZE in Bild 4, 5 und 6) jeweils nur so lang gewählt, wie es die Überbrückung des räumlichen Abstandes erfordert und auch die Filterketten am Eingang der Zentraleinheit (ZE) besitzen keine unvermeidbaren Laufzeiten.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung bestehen die Filterketten ( $Fa_1, Fa_2 \dots$  in Bild 5 und Bild 6) zur Erzeugung eines Vertikaldiagramms mit Flachstrahlung auf Tiefpaßfiltern mit nahezu frequenzunabhängigen Laufzeiten.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die Kreisdurchmesser nach dem logarithmisch periodischen Prinzip festgelegt (siehe Beispiel in Bild 1) und der Kreisdurchmesser  $D(k)$  des Kreises  $K_k$  bzw.  $D(k+1)$  des Kreises  $K(k+1)$  ist nach Maßgabe einer

geometrischen Reihe mit Quotienten  $q < 1$

$$D(k+1)/D(k) = q$$

gewählt und die Bandfilter (BFkr in Bild 6) sind als Bandpässe ausgeführt, deren Mittenfrequenzen nach Maßgabe der Beziehung

$$f_m(k+1)/f_m(k) = 1/q$$

eingestellt sind.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die obere Grenzfrequenz  $f_o$  der einem Kreis (kk) und einer Richtung (Rr) zugeordneten Bandfilter in Bild 6 so gewählt, daß der Kreisdurchmesser  $D_k$ , bezogen auf die bei  $f_o$  auftretende Wellenlänge  $\lambda_{\lambda o}$ , eine vorgegebene, von der gewünschten Bündelung abhängige, obere Schranke nicht überschreitet.

$$D_k/\lambda_{\lambda o} = \text{obere Schranke.}$$

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die untere Grenzfrequenz  $f_u$  der einem Kreis (Kk) und einer Richtung (Rr) zugeordneten Bandfilter (BFkr in Bild 6) so gewählt, daß der Kreisdurchmesser  $D_k$ , bezogen auf die bei  $f_u$  auftretende Wellenlänge  $\lambda_{\lambda u}$ , eine vorgegebene, von der tolerierbaren Breite der Hauptkeule des Richtdiagramms abhängige, untere Schranke nicht unterschreitet.

$$D_k/\lambda_{\lambda u} = \text{untere Schranke.}$$

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden für die Anwendung im Kurzwellenbereich zwischen 1 MHz und 30 MHz insgesamt 5 Kreisgruppen verwendet und der größte Kreisdurchmesser ( $D_1$ ) beträgt 150 m und  $q = 1/2$  gewählt (Bild 1).

In einer weiteren beispielhaften Ausgestaltung der Erfindung sind für die Anwendung im Kurzwellenbereich zwischen 1 MHz und 30 MHz insgesamt 10 Strahlen vorhanden und die Winkel zwischen den Strahlen sind gleich groß (Bild 1).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es vorteilhaft, wenn die den Antennen zugeordneten Filterketten (Fa1, Fa2 ... in Bild 5 und Bild 6) am Eingang der Zentraleinheit (ZE) so ausgelegt sind, daß 5 auf an sich bekannte Weise einzustellende Phasenzustände des Empfangssignals entstehen, die in den Summations-schaltungen (Skr) mit den entsprechenden, für die Bildung des Richtdiagramms (Rr) herangezogenen Empfangssignalen der anderen Antennen (Aak) desselben Kreises zusammengefaßt sind (Bild 5) derart, daß 10 Richtdiagramme (R1, R2 ... R10) mit 10 verschiedenen azimutalen Hauptrichtungen verfügbar sind und die Winkel zwischen diesen Hauptrichtungen gleich groß sind (Bild 3).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner vorteilhaft, wenn die Antennenelemente aus vertikalen aktiven Stabantennen bestehen und die den Antennen zugeordneten Filterketten (Fa1, Fa2 ... in Bild 5 und Bild 6) am Eingang der Zentraleinheit so ausgelegt sind, daß sie eine nahezu frequenzunabhängige Laufzeit zur Erzeugung von Flachstrahlung besitzen (Bild 3a).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner vorteilhaft, wenn die Antennenelemente aus gekreuzten horizontalen aktiven Stabdipolen mit Rundcharakteristik bestehen und die den Antennen zugeordneten Filterketten (Fa1, Fa2 ... in Bild 5 und Bild 6) am

Eingang der Zentraleinheit (ZE) so ausgelegt sind, daß ihre Laufzeit auf geeignete Weise frequenzabhängig ist derart, daß bei jeder Frequenz ein vorgegebener Elevationswinkel für die Hauptrichtung des Richtdiagramms vorliegt (Bild 3b).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner möglich, anstelle von Einzelantennen jeweils eine Kombinationsantenne aus einer vertikalen aktiven Stabantenne und aus einer gekreuzten horizontalen aktiven Stabdipolantenne mit Rundcharakteristik zu einer Polarisationsdiversityantenne mit einem Ausgang für Vertikalpolarisation und einem getrennten Ausgang für Horizontalpolarisation einzusetzen und die beiden Ausgangssignale der Antenne über getrennte Leitungen dem Eingang der Zentraleinheit (ZE) jeweils getrennten Filterketten (Fa1, Fa2 ... in Bild 5 und Bild 6) zuzuführen und diese Signale gemäß Anspruch 1 weiterzuverarbeiten.

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner vorteilhaft, daß die den vertikal polarisierten Antennen zugeordneten Filterketten am Eingang der Zentraleinheit so ausgelegt sind, daß sie eine nahezu frequenzunabhängige Laufzeit zur Erzeugung von Flachstrahlung besitzen und die den horizontal polarisierten Antennen zugeordneten Filterketten am Eingang der Zentraleinheit so ausgelegt sind, daß ihre Laufzeit auf geeignete Weise frequenzabhängig ist derart, daß mit wachsender Betriebsfrequenz der Elevationswinkel für die Hauptrichtung des Richtdiagramms kleiner wird (Bild 7).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner vorteilhaft, daß die den Antennen zugeordneten Filterketten am Eingang der Zentraleinheit aus einer Kombination aus Tiefpässen oder Hochpässen oder Bandpässen oder Bandsperren o. ä. gebildet sind, deren Wellenwiderstände jeweils nahezu gleich groß sind und die Filter alle in Kette geschaltet sind und diese Kette mit diesem Wellenwiderstand abgeschlossen ist und die aktiven Auskoppelschaltungen eingangsseitig hochohmig sind im Vergleich zu diesem Wellenwiderstand und jede Auskoppelschaltung (ASakr in Bild 6) der Filterkette mit ihrem hochohmigen Eingang jeweils am Eingang bzw. am Ausgang eines Filters parallelgeschaltet ist (Bild 6).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner vorteilhaft, daß jede aktive Auskoppelschaltung aus einem Feldeffekttransistor in Source-Folgerschaltung am Eingang und einem Bipolartransistor in Emitterfolgerschaltung gebildet ist und am Emitterausgang ein Serienwiderstand mit dem Wellenwiderstandswert ZL der nachfolgenden Leitung in Serie geschaltet ist (Bild 8a).

Für eine derartige Empfangs-Antennenanlage ist es ferner vorteilhaft, daß der Serienwiderstand  $\sqrt{2} \cdot ZL$  gewählt ist und dem Widerstand ein Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis  $\sqrt{2}:1$  nachgeschaltet ist (Bild 8b).

Im Hinblick auf einen kleinen Strombedarf ist es für einen solchen Verstärker vorteilhaft, wenn der Feldeffekttransistor und der Bipolartransistor gleichstrommäßig in Kaskode geschaltet sind (Bild 8c).

Aufgrund der Eingangskapazität der hochohmigen Auskoppelstufen ist es vorteilhaft, wenn diejenigen Filter der Filterkette, an deren Aus- oder Eingang eine Auskoppelschaltung parallelgeschaltet ist, als  $\pi$ -Filter ausgeführt sind und die Eingangskapazität der Auskoppelschaltung in die Filterdimensionierung einbezogen ist.

Zur Vermeidung von Nichtlinearitäten bei der Zusammenfassung von Signalen ist die Summationsschaltung (Skr) mit passiven Elementen realisiert und vorzugsweise auf an sich bekannte Weise aus Leitungsübertragern aufgebaut (Bild 6).

Die Einhaltung der geforderten Phasenbedingungen kann besonders einfach dadurch erzielt werden, daß die Verbindungsleitungen (ZL) zwischen Auskoppelschaltungen (ASkr) und Summationsschaltungen (Skr) und zwischen Summationsschaltungen (Skr) und Bandpässen (BFkr) und zwischen Bandpässen (BFkr) und Paralleleinkopplungsschaltungen (PSkr) für die Signale aus den Antennen eines Kreises (Kk) jeweils untereinander gleich gewählt sind (Bild 6).

Der Laufzeitunterschied zwischen den verschiedenen Kreisen kann auf besonders einfache Weise dadurch ausgeglichen werden, daß die Laufzeitkette (LZr) als Koaxialleitung ausgebildet ist, die an ihrem einen Ausgang (Antennenanschlußstelle für ein Richtdiagramm) wellenwiderstandsrichtig durch die weiterführende Empfängerschaltung abgeschlossen ist und an ihrem anderen Ende mit einem Widerstand wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen ist und die Paralleleinkopplungsschaltungen (PSkr) ihr Ausgangssignal hochohmig in die Leitung einprägen, so daß der Wellenwiderstand der Leitung an den Einspeisestellen praktisch erhalten bleibt und der Quellwiderstand an der Antennenanschlußstelle gleich dem Wellenwiderstand der Koaxialleitung ist (Bild 6).

Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die Paralleleinkopplungsschaltungen (PSkr) aus einem symmetrisch aufgebauten Verstärker besteht, dessen Eingangsimpedanz gleich dem Wellenwiderstand (ZL) der ihn speisenden Leitung ist und, dessen hochohmige Ausgangselektroden (Drain bzw. Kollektor) jeweils mit einem Leiter einer symmetrischen Zweidrahtleitung verbunden sind, so daß eine Paralleleinspeisung in diese Zweidrahtleitung vorliegt und die Zweidrahtleitung, ausgehend von dieser Einspeisestelle in beiden Richtungen durch Aufwickeln auf Ferritkerne gegen die Ausbildung von Gleichtaktströmen verdrosselt ist und die Zweidrahtleitung jeweils am anderen Ende der Drossel durch eine Koaxialleitung fortgesetzt ist und die elektrische Länge der Zweidrahtleitung in die Ausgleichslänge der Teilzeitketten (LZkr) mit einbezogen ist und der Wellenwiderstand der Zweidrahtleitung an den Wellenwiderstand der Koaxialleitung angepaßt ist (Bild 6).

In einer vorteilhaften Ausführungsform enthält der symmetrisch aufgebaute Verstärker an seinem Eingang zum Zwecke der Verstärkungseinstellung einen Umsymmetrierübertrager mit dem Übersetzungsverhältnis  $\bar{u}:1$ , dem auf seiner symmetrischen Seite jeweils ein Widerstand  $ZL/(2 \cdot \bar{u}^2)$  in Serie geschaltet ist und die Enden dieser Widerstände sind mit den Emittern zweier in Basisschaltung geschalteter Bipolartransistoren verbunden (Bild 6).

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verstärkers sind zwei Zweidrahtleitungen vorhanden, die am Ort der Einspeisestelle elektrisch in Serie geschaltet sind und dort eine Zweidrahtleitung mit doppeltem Wellenwiderstand der Zweidrahtleitungen bilden und diese Zweidrahtleitung ist, ausgehend von dieser Einspeisestelle in beiden Richtungen durch Aufwickeln auf Ferritkerne gegen die Ausbildung von Gleichtaktströmen verdrosselt und die beiden Zweidrahtleitungen sind am anderen Ende der Drossel parallelgeschaltet und bilden dort eine Zweidrahtleitung mit halbem Wellenwiderstand der Zweidrahtleitungen und sind mit der Ko-

axialleitung verbunden und der Wellenwiderstand der Zweidrahtleitung ist dort an den Wellenwiderstand der Koaxialleitung angepaßt (Bild 6).

In einer besonders einfachen Ausgestaltung kann das Übersetzungsverhältnis  $\bar{u} = 1$  gewählt sein.

Im Interesse eines geringeren Gesamtaufwands wird die Anlage nicht als Vollkreis über 360 Grad, sondern nur als Kreissektor über einem vorgegebenen Sektorwinkel aufgebaut und besitzt mindestens zwei Strahlen und die Filterketten — die auf an sich bekannte Weise errechenbar sind — sind derart eingestellt, daß sich die für einen Sektor realisierbaren Richtdiagramme ergeben.

Bei einer Empfangs-Antennenanlage mit mehreren Kreisen ist es im Interesse einer nicht zu schmalen Hauptkeule und nicht zu großer Nebenkeulen des Strahlungsdiagramms vorteilhaft, die obere Schranke des  $Dk/\lambda_{da}$  zu 1.5 zu wählen.

Ebenso ist es bei einer Empfangs-Antennenanlage mit mehreren Kreisen im Interesse einer nicht zu breiten Hauptkeule des Strahlungsdiagramms vorteilhaft, die untere Schranke des  $Dk/\lambda_{da}$  zu 0.5 zu wählen.

Zur Erzeugung eines Runddiagramms ist es bei einer Empfangs-Antennenanlage mit mehreren Kreisen vorteilhaft, daß die Signale aller Antennen eines Kreises (Kk) angenähert gleichphasig in einer Summationsschaltung (Sko in Bild 5 und Bild 6) zur Bildung einer Rundempfangscharakteristik (RO) zusammengefaßt sind und das Bandfilter (BFko in Bild 6) als Tiefpaß ausgeführt ist, dessen Grenzfrequenz so gewählt ist, daß bei dieser Frequenz der relative Kreisdurchmesser  $Dk/\lambda_{da}$  ungefähr 0,1 beträgt.

Bei einer Empfangs-Antennenanlage mit mehreren Kreisen ist es im Interesse der Einfachheit vorteilhaft, daß diese, für die Erzeugung des Runddiagramms notwendigen, angenähert gleichphasigen Signale durch Zusammenfassung der am Eingang einer Filterkette (Fa1, Fa2 ...) mit aktiven Auskoppelschaltungen (ASako) ausgekoppelten Signale in der Summationsschaltung (Sko) gebildet sind und der Laufwegunterschied der Signale aus unterschiedlichen Kreisen mit Hilfe der Teilzeitketten (LZkr) ausgeglichen ist (Bild 5 bzw. 6).

#### Patentansprüche

1. Empfangs-Antennenanlage für Mehrfach-Antennendiagramme, bestehend aus aktiven Antennenelementen, deren jedes auf einem Schnittpunkt eines von einem Mittelpunkt radial ausgehenden Strahles mit mindestens zwei um diesen Mittelpunkt konzentrisch verlaufenden Kreisbögen angeordnet ist, wobei die Anordnungsstellen in einem Sektorwinkel aus mindestens zwei radialen Strahlen auf Kreisbögen liegen und wobei die auf dem Kreisbogen liegenden Antennenelemente jeweils eine Antennenelementegruppe bilden, des weiteren bestehend aus einer um den Mittelpunkt der Anlage liegenden Zentraleinheit, zu der von jedem Antennenelement mindestens eine eigene Antennenleitung längs des betreffenden radialen Strahles geführt ist, und die Antennenelement-Signale zur Bildung der unterschiedlichen Richtdiagramme mit den erforderlichen Phasenlagen und Amplitudenlagen zumindest teilweise summiert sind, dadurch gekennzeichnet,

— daß jedes Antennenelement-Signal eine Filterkette speist, bei der an den einzelnen Gliedern der Filterkette aktive Auskoppelschal-

tungen mit jeweils hochohmigem Eingang angeschaltet sind,

— daß die ausgekoppelten Signale jeweils über eine elektrische Leitung (ZL) in einer Summationsschaltung (Skr) summiert sind,

— daß das am Ausgang jeder Summations-  
schaltung (Skr) auftretende, einer bestimmten  
Antennenelementgruppe (K1, K2, K3 ...) und einem bestimmten Richtdiagramm (Rr) zugeordnete Summensignal (Ukr) über eine elektrische Leitung (ZL) bestimmter Länge an den Eingang eines Bandfilters (BFkr) geführt ist, welches nur für die Signale desjenigen Frequenzbereichs durchlässig ist, in welchem die Antennenelemente der zugeordneten Antennenelementgruppe (K1, K2, K3 ...) den zur Bildung des Richtdiagramms (Rr) notwendigen Beitrag leisten,

— daß das Ausgangssignal des Bandfilters einer Einkopplungsschaltung (PSkr) zugeführt ist, durch die es in eine Laufzeitkette (LZr) eingespeist wird,

— daß in diese Laufzeitkette (LKZr) auch die anderen Antennenelementgruppen zugeordneten Paralleleinkopplungsschaltungen der gleichen Hauptstrahlrichtung an anderen Stellen einspeisen und am Ende der Laufzeitkette das Summensignal für eine Hauptstrahlrichtung abgegriffen ist.

2. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Antennenelemente (A1, A2, ...) aus gleichen vertikalen aktiven Stabantennen mit jeweils breitbandiger effektiver Höhe und breitbandig wellenwiderstandsrichtigem Quellwiderstand für den Empfang von Wellen mit vertikaler Polarisationsrichtung verwendet sind und die Phasen- und Amplitudenstreuung zwischen den Antennenelementen (A1, A2, ...) gering ist.

3. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Antennenelemente (A1, A2, ...) aus gleichen horizontal gekreuzten Stabdipolen, die an ihren Ausgängen mit Hilfe einer 90-Grad-Phasenschaltung zu einer Rundempfangsantenne mit horizontaler Polarisation zusammengeschaltet sind, mit jeweils breitbandiger effektiver Höhe und breitbandig wellenwiderstandsrichtigem Quellwiderstand für den Empfang von Wellen mit horizontaler Polarisationsrichtung verwendet sind und die Phasen- und Amplitudenstreuung zwischen den Antennenelementen (A1, A2, ...) gering ist.

4. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterketten (Fa1, Fa2 ...) aus Tiefpaßfiltern mit nahezu frequenzunabhängigen Laufzeiten bestehen und somit ein Vertikaldiagramm mit Flachstrahlung erzeugt wird.

5. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zu den Kreisbögen gehörenden Kreisdurchmesser nach dem logarithmisch periodischen Prinzip festgelegt sind und der Kreisdurchmesser  $D(k)$  des Kreises  $K(k)$  bzw.  $D(k+1)$  des Kreises  $K(k+1)$  nach Maßgabe einer geometrischen Reihe mit Quotienten  $q < 1$

$$D(k+1)/D(k) = q$$

gewählt sind und die Bandfilter (BFkr) als Bandpäs-

se ausgeführt sind, deren Mittenfrequenzen nach Maßgabe der Beziehung

$$f_m(k+1)/f_m(k) = 1/q$$

eingestellt sind.

6. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Antennensignale der Antennen des Kreisbogens mit dem dazu gehörenden Durchmesser  $D(k)$  nur unterhalb eines Frequenzbandes zwischen einer unteren Frequenz  $f_u$  und einer oberen Frequenz  $f_o$  zum Summensignal beitragen und die Frequenzen des jeweils zugehörigen Bandfilters entsprechend der unteren Frequenz  $f_u$  und der oberen Grenzfrequenz  $f_o$  gewählt sind.

7. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß für die Anwendung im Kurzwellenbereich zwischen 1 MHz und 30 MHz insgesamt 5 Kreisgruppen vorhanden sind und der größte Kreisdurchmesser ( $D1$ ) 150 m beträgt und  $q = 1/2$  gewählt ist (Bild 1).

8. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß für die Anwendung im Kurzwellenbereich zwischen 1 MHz und 30 MHz auf einem Kreis insgesamt 10 Strahlen vorhanden sind und die Winkel zwischen den Strahlen gleich groß sind (Bild 1).

9. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Antennenelement gekreuzte horizontale aktive Stabdipole mit Rundcharakteristik verwendet sind und daß die Filterkette (Fa1, Fa2, ...) am Eingang der Zentraleinheit (ZE) so ausgelegt ist, daß ihre Laufzeit frequenzabhängig derart gewählt ist, daß jeder Frequenz ein vorgegebener Elevationswinkel für die Hauptrichtung des Richtdiagramms zugeordnet ist (Bild 3b).

10. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die den horizontal polarisierten Antennen zugeordneten Filterketten am Eingang der Zentraleinheit so ausgelegt sind, daß mit wachsender Betriebsfrequenz der Elevationswinkel für die Hauptrichtung des Richtdiagramms kleiner wird (Bild 3b, Bild 7).

11. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß jede aktive Auskoppelschaltung aus einem Feldeffekttransistor in source-Folgerschaltung am Eingang und einem Bipolartransistor in Emitterfolgerschaltung ausgebildet ist und am Emitterausgang ein Serienwiderstand mit dem Wellenwiderstandswert ZL der nachfolgenden Leitung in Serie geschaltet ist (Bild 8a).

12. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Serienwiderstand  $\bar{u}^2 \cdot ZL$  gewählt ist und dem Widerstand ein Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis  $\bar{u}:1$  nachgeschaltet ist (Bild 8b).

13. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 11 oder 12 dadurch gekennzeichnet, daß der Feldeffekttransistor und der Bipolartransistor gleichstrommäßig in Kaskode geschaltet sind (Bild 8c).

14. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufzeitkette (LZr) als Koaxialleitung ausgebildet ist, die an ihrem Ausgang wellenwiderstandsrichtig durch eine weiterführende Empfängerschaltung

abgeschlossen ist und an ihrem anderen Ende mit einem Widerstand wellenwiderstandsrichtig abgeschlossen ist und die Einkopplungsschaltungen (PSkr) ihr Ausgangssignal jeweils hochohmig in die Leitung einprägen.

15. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Einkopplungsschaltungen (Pskr) aus jeweils einem symmetrisch aufgebauten Verstärker bestehen, dessen Eingangsimpedanz gleich dem Wellenwiderstand (ZL) der ihn speisenden Leitung ist und dessen hochohmige Ausgangselektroden (Drain bzw. Kollektor) jeweils mit einem Leiter einer symmetrischen ersten Zweidrahtleitung verbunden sind, so daß eine Paralleleinspeisung in diese erste Zweidrahtleitung vorliegt und die erste Zweidrahtleitung, ausgehend von dieser Einspeisestelle in beiden Richtungen durch Aufwickeln auf Ferritkerne gegen die Ausbildung von Gleichtaktströmen verdrosselt ist und die Zweidrahtleitung jeweils am anderen Ende der Drossel durch eine Koaxialleitung fortgesetzt ist und die elektrische Länge der ersten Zweidrahtleitung in die Ausgleichslänge der Teillaufzeitketten (LZkr) mit einbezogen ist und der Wellenwiderstand der Zweidrahtleitung an den Wellenwiderstand der Koaxialleitung angepaßt ist (Bild 6).

16. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der symmetrisch aufgebaute Verstärker an seinem Eingang einen Umsymmetrierübertrager mit dem Übersetzungsverhältnis  $u:1$  enthält, dem auf seiner symmetrischen Seite jeweils ein Widerstand  $ZL/(2 \cdot u^2)$  in Serie geschaltet ist und die Enden dieser Widerstände mit den Emittern zweier in Basisschaltung geschalteter Bipolartransistoren verbunden sind (Bild 6).

17. Empfangs-Antennenanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Zweidrahtleitung vorhanden ist, die am Ort der Einspeisestelle elektrisch mit der ersten Zweidrahtleitung in Serie geschaltet ist und dabei eine Zweidrahtleitung mit doppeltem Wellenwiderstand verwendet ist und diese Zweidrahtleitung, ausgehend von dieser Einspeisestelle, in beiden Richtungen durch Aufwickeln auf Ferritkerne gegen die Ausbildung von Gleichtaktströmen verdrosselt ist und die beiden Zweidrahtleitungen am anderen Ende der Drossel parallelgeschaltet sind und dort eine Zweidrahtleitung mit halbem Wellenwiderstand der Zweidrahtleitungen bilden und mit der Koaxialleitung verbunden sind und der Wellenwiderstand der Zweidrahtleitung dort an den Wellenwiderstand der Koaxialleitung angepaßt ist (Bild 6).

18. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß  $f_0$  so gewählt ist, daß nur die Antennen solcher Kreise bzw. eines solchen Kreises, deren relative Durchmesser bzw. dessen relativer Durchmesser  $D/\lambda_{d0} < 1,5$  betragen bzw. beträgt, einen Beitrag zum Summensignal leisten bzw. leistet.

19. Empfangs-Antennenanlage nach einem der Ansprüche 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß  $f_u$  so gewählt ist, daß nur die Antennen solcher Kreise bzw. eines solchen Kreises, deren relative Durchmesser bzw. dessen relativer Durchmesser  $D/\lambda_{du} > 0,5$  betragen bzw. beträgt, einen Beitrag zum Summensignal leisten bzw. leistet.

20. Empfangs-Antennenanlage nach einem der An-

sprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung der Signale aller Antennenelemente eines Kreises mit dem Durchmesser  $D_k$  ( $K_k$ ) zur Bildung einer Rundempfangs charakteristisch gleichphasig verwendet sind und diese Signale in einer Summationsschaltung ( $S_{ko}$ ) zusammengefaßt sind und die Bandfilter ( $BF_{ko}$ ) jeweils als Tiefpaß mit der Grenzfrequenz  $f_g$  ausgeführt sind, wobei gilt, daß bei dieser Frequenz  $f_g$  der relative Kreisdurchmesser  $D_k/\lambda_{dg}$  ungefähr 0,1 beträgt.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---





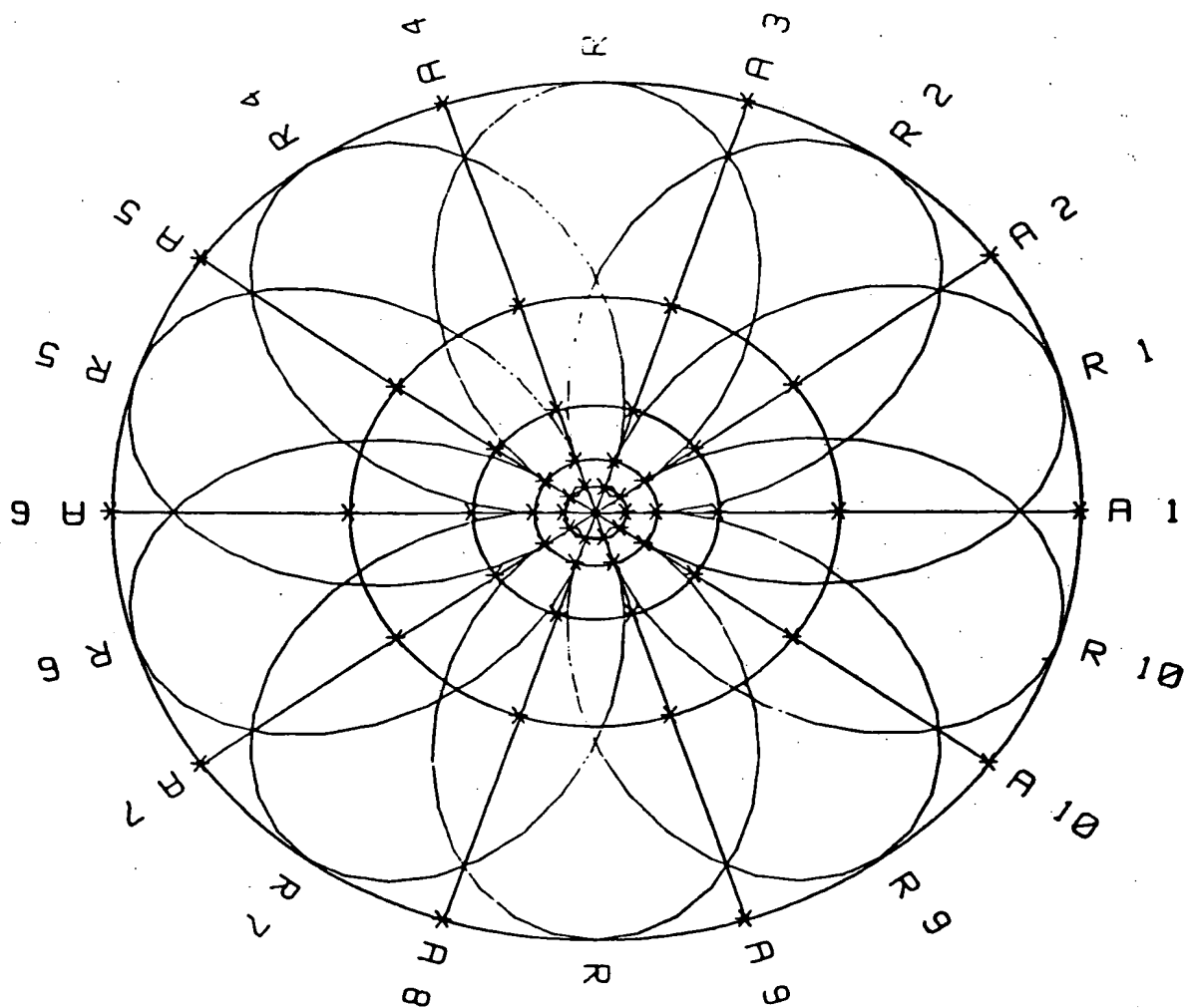


Bild 2

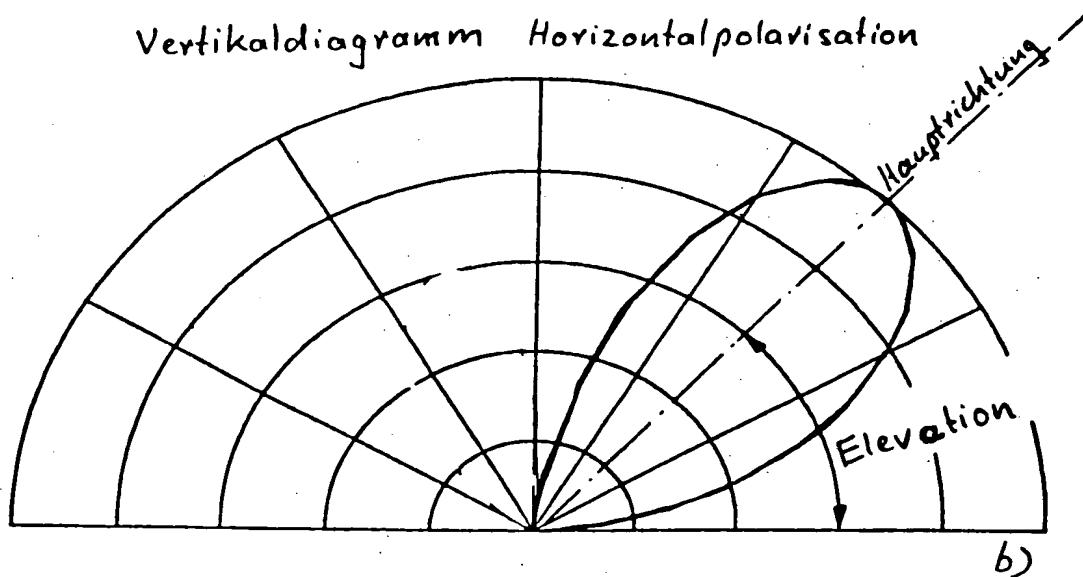
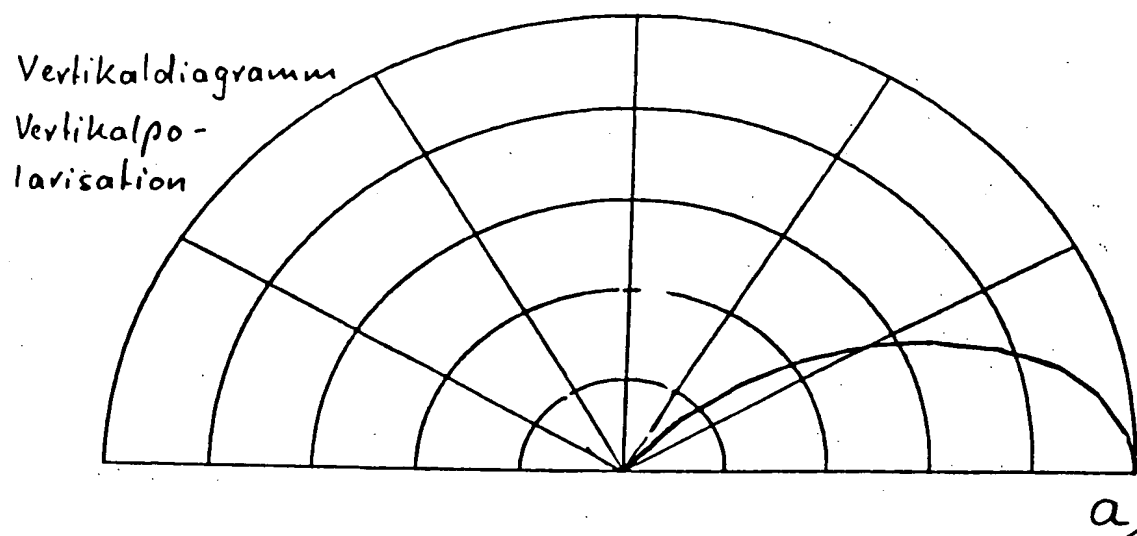


Bild 3

weiterführende Empfängerschaltung

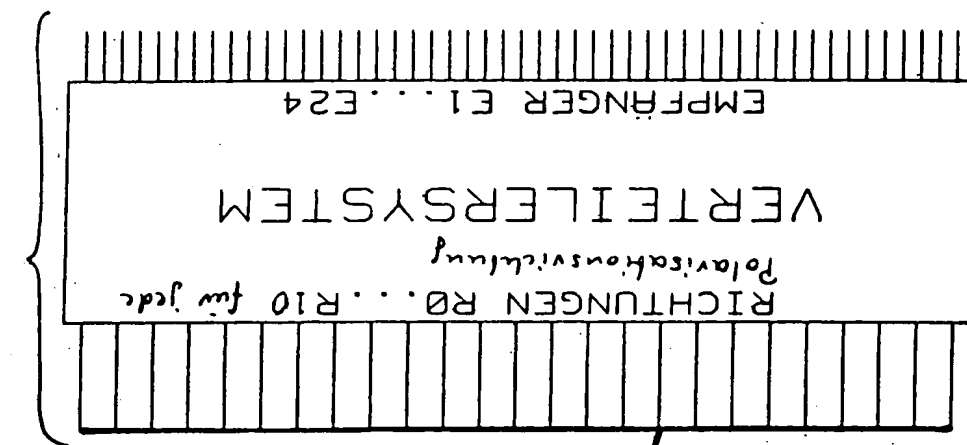
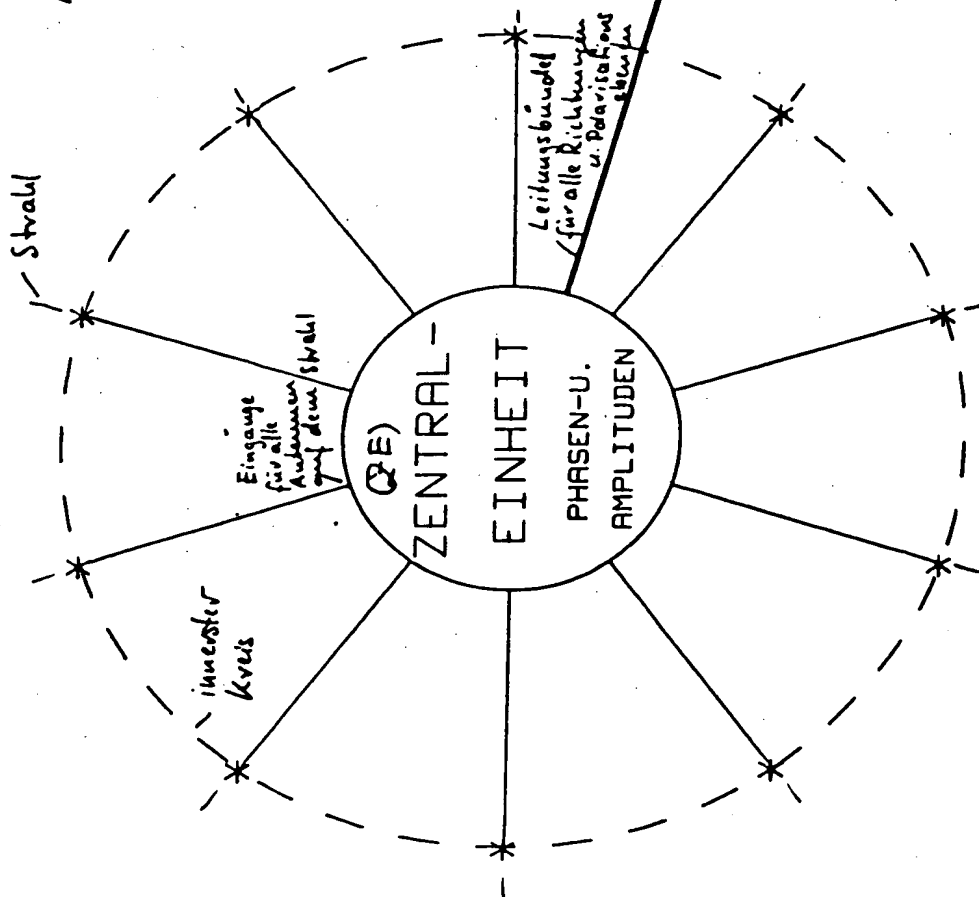
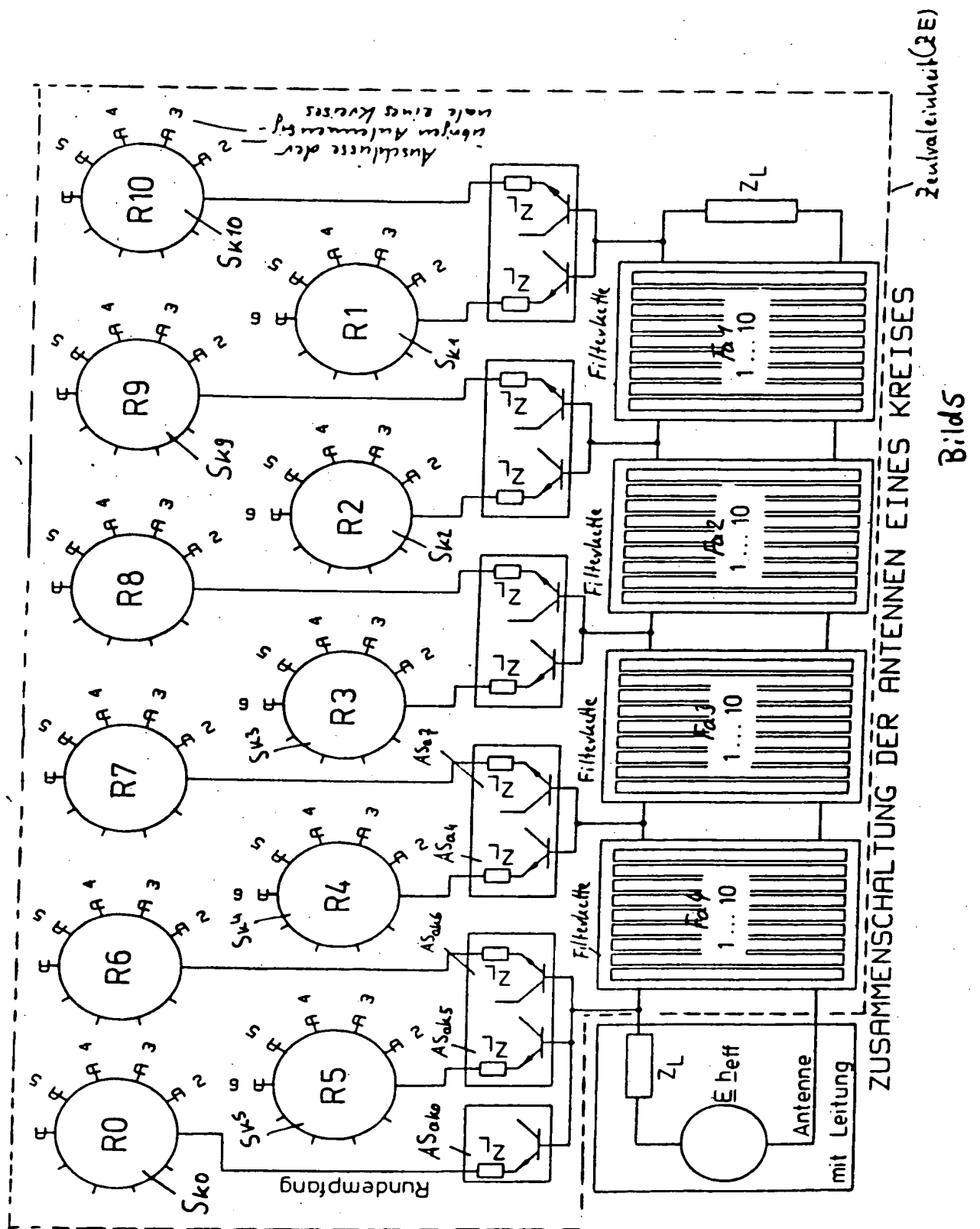


Bild 4





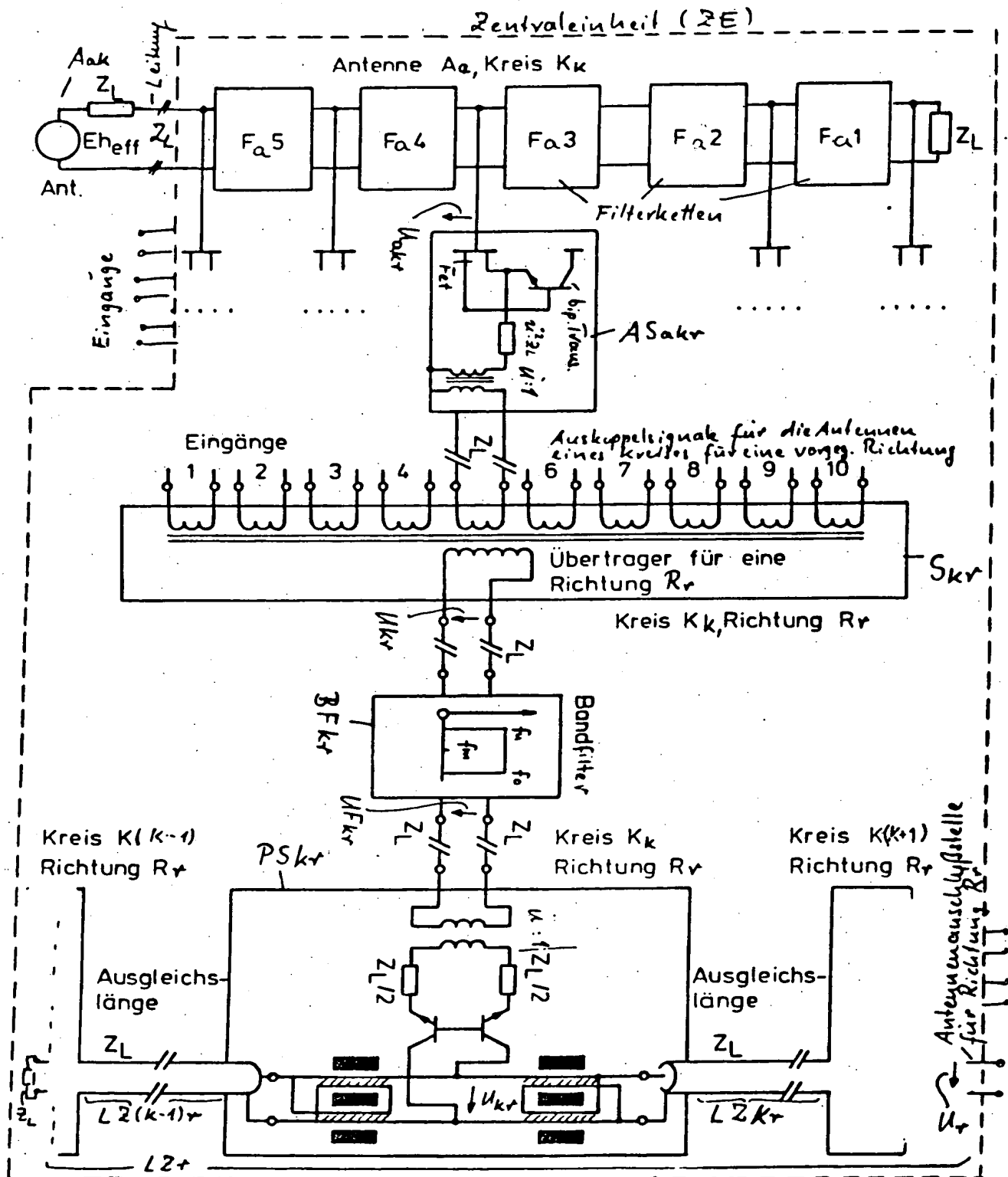
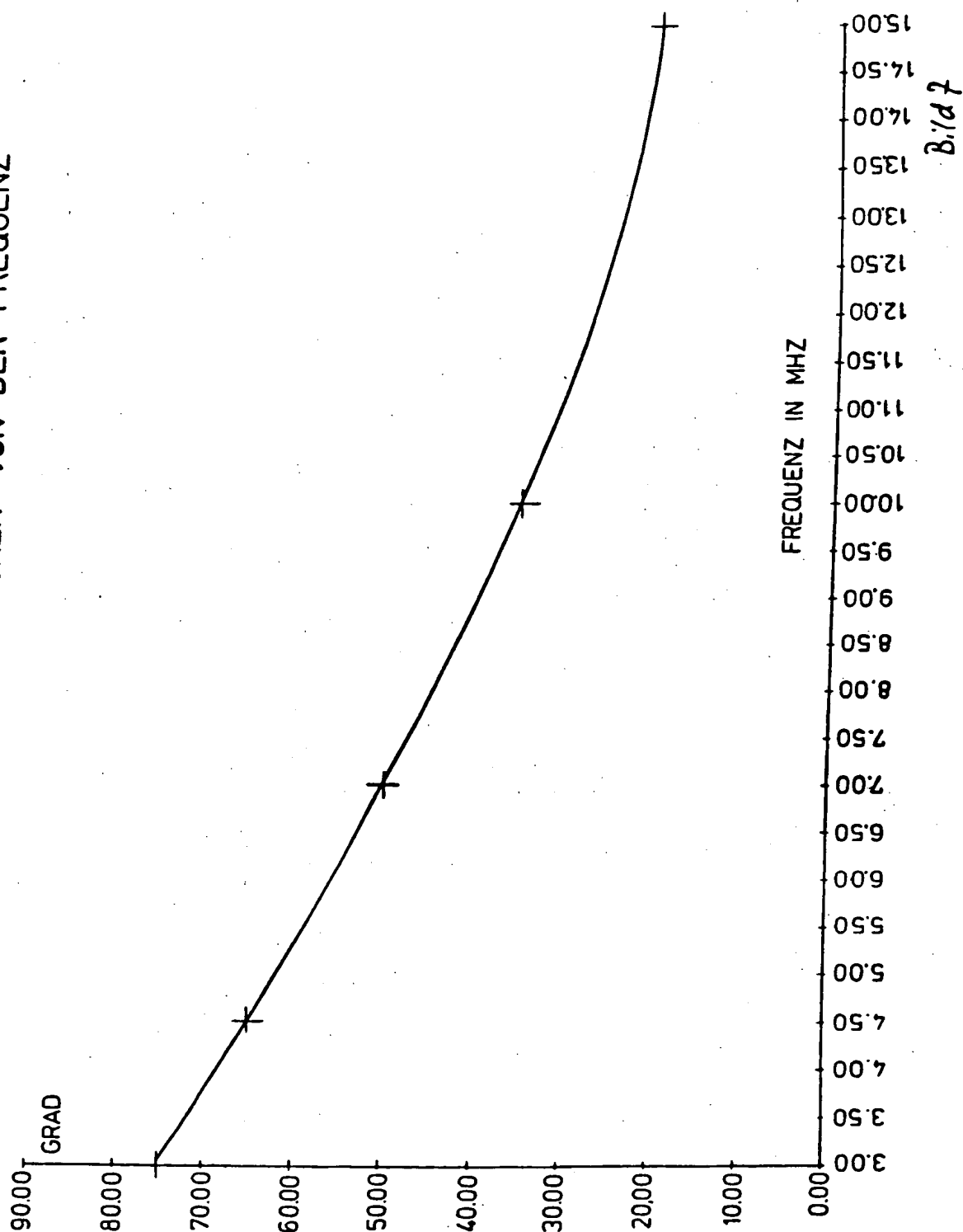


Bild 6

$a = a$ -te Antenne  
 $k = k$ -ter Kreis  
 $r = r$ -te Richtung

# ELEVATIONSWINKEL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER FREQUENZ



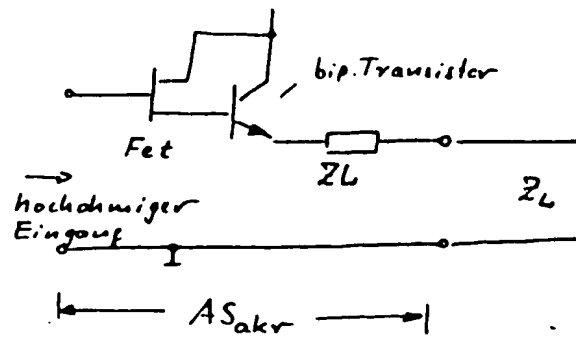


Bild 8a

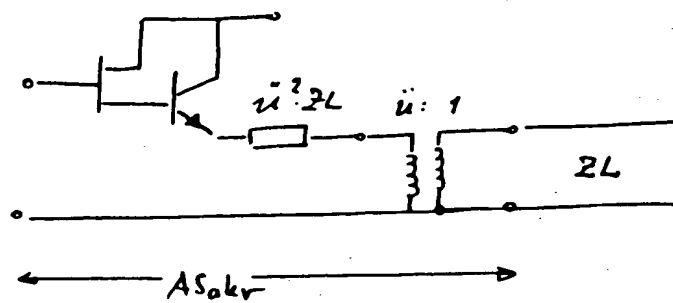


Bild 8b

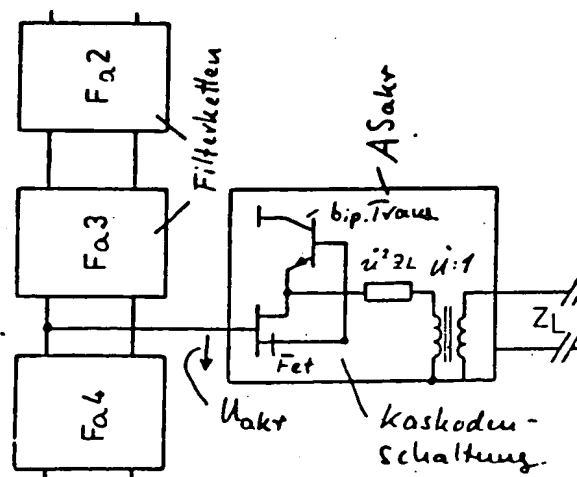


Bild 8c